

12. Гречин, Е. Г. Разработка и исследование методов проектирования и работы неориентируемых компоновок низа буровой колонны [Текст]: автореф. дис. на соиск. д-ра наук по спец. 25.00.15. "Технология бурения и освоения скважин" [Текст] / Е. Г. Гречин; Тюменский государственный нефтегазовый университет. – Тюмень, 2009. – 47 с.
13. Шатровский, А. Г. Разработка многосекционных компоновок низа буровой колонны для проводки наклонных интервалов скважины [Текст]: автореф. дис. на стиск. уч. ст. канд. тех. наук по спец. 25.00.15 "Технология бурения и освоения скважин" [Текст] / А. Г. Шатровский; Ухтинский государственный технический университет. – Ухта, 2010. – 25 с.
14. Юрич, А. Р. Удосконалення методів проектування та технології використання неорієнтованих компоновок низу бурової колони [Текст]: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук за спец. 05.15.06 «Розробка нафтових та газових родовищ» [Текст] / А. Р. Юрич; Івано-Франківський нац. техн. ун-т. нафти і газу. – Івано-Франківськ, 2011. – 20 с.
15. Івасів, В. М. До вибору конструктивних параметрів неорієнтованих компоновок низу бурової колони [Текст]: матеріали науково-технічної конференції «Підвищення ефективності буріння свердловин та інтенсифікації нафтогазовидобутку на родовищах України», Івано-Франківськ, 16-18 листопада 2010 р. / В. М. Івасів, А. Р. Юрич, А. П. Вовк, А. А. Козлов. – Івано-Франківськ: Факел, 2010. – 225 с.

УДК 623.44

# МЕТОД ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО БАЛІСТИЧНОГО КОЕФІЦІЄНТУ МЕТАЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТУ КІНЕТИЧНОЇ ЗБРОЇ

О. І. Біленко

Кандидат технічних наук, доцент  
Кафедра озброєння та спеціальної техніки  
Академія внутрішніх військ МВС України  
пл. Повстання, 3, м. Харків, Україна, 61001  
E-mail: albilenko@yandex.ru

*У статті висвітлено особливості впливу балістичного коефіцієнту металюного елементу на характеристики кінетичної зброї несмертельної дії та бойової зброї з обмеженою дальністю забійної дії. Розроблено метод формування вимог до балістичного коефіцієнту металюного елементу кінетичної зброї*

*Ключові слова: балістичний коефіцієнт, металюний елемент, кінетична зброя, вимоги*

*В статье показаны особенности влияния баллистического коэффициента метательного элемента на характеристики кинетического оружия не смертельного действия и боевого оружия с ограниченной дальностью убийственного действия. Разработан метод формирования требований к баллистическому коэффициенту метательного элемента кинетического оружия*

*Ключевые слова: баллистический коэффициент, метательный элемент, кинетическое оружие, требования*

## 1. Вступ

На озброєнні сил охорони правопорядку (СОПр) України перебувають зразки кінетичної зброї, які призначені для ураження цілі (бойова зброя (БЗ)) або для придушення цілі (кінетична зброя несмертельної дії (КЗНД)).

Для ураження цілі металюний елемент (МЕ) під час зустрічі з ціллю повинен мати достатню кінетичну та питому енергію, що забезпечать потрібну пробивну та забійну дії. Для придушення цілі МЕ під час зустрічі з ціллю повинен задовольняти двом умовам – достатня і не надмірна кінетична енергія та питома енергія у межах 0,5 Дж/мм<sup>2</sup> [1, 2]. В окремих випадках є потреба у бойовій зброї з обмеженою відстанню забійної дії (БЗОВ) [3], яка має риси як БЗ, так і КЗНД.

Отже, під час проектування БЗ, КЗНД та БЗОВ вирішуються різні завдання. У першому випадку необхідно забезпечити значення енергетичних характеристик МЕ, що будуть не нижче заданих, у другому – забезпечити енергетичні характеристики МЕ у заданих межах, а у третьому – розв'язати одночасно два перших завдання для різних ділянок траєкторії МЕ.

## 2. Постановка проблеми

Для металюного елементу заданих калібру, маси і конструкції кінетична та питома енергія є функцією його швидкості. Отже, завдання забезпечення енергетичних характеристик МЕ у заданих межах зводиться до завдання забезпечення у певних межах

його швидкості. З рухом МЕ по траєкторії його швидкість падає, тому на певних відстанях енергетичні характеристики можуть задовольняти встановленим вимогам, а на інших – мати замалі значення або перевищувати норму.

Динаміка падіння швидкості МЕ внаслідок аеродинамічного опору повітря залежить від низки факторів: маси  $m$ , діаметру  $d$ , форми та швидкості руху МЕ, а також параметрів атмосфери. При розв'язанні практичних задач зовнішньої балістики у більшості випадків швидкість та обтічність металевих елементів мають максимально можливі значення і не піддаються корегуванню, як і параметри атмосфери. Тому для врахування впливу характеристик МЕ на прискорення сили аеродинамічного опору зазвичай застосовують балістичний коефіцієнт [4 – 6]:

$$C = i \cdot \frac{d^2}{m} \cdot 1000, \quad (1)$$

де  $i$  – коефіцієнт форми МЕ.

Чим менш значення  $C$ , тим менше прискорення сили аеродинамічного опору та падіння швидкості МЕ на траєкторії. Керувати величиною  $C$  можна змінюючи масу, діаметр та форму МЕ. Але вказані параметри пов'язані з іншими характеристиками МЕ. Так, наприклад, підвищення обтічності МЕ шляхом звуження та подовження носової частини збільшить значення питомої енергії, що не є припустимим для КЗНД; суттєве підвищення маси МЕ складно реалізувати з огляду на щільність існуючих матеріалів, придатних для виготовлення МЕ, діаметр МЕ не може перевищувати калібр зброї, тощо. Отже, на практиці не можливо забезпечити будь-яке значення  $C$  через досить вузькі межі варіювання вказаних вище параметрів, тому виникає потреба у визначенні такого значення  $C$ , яке забезпечить прийнятне падіння швидкості металевих елементів.

Зараз методи розв'язання подібних завдань для КЗНД та БЗОВ відсутні, про що свідчить невідповідність великої кількості зразків КЗНД вимогам практики [7] та відсутність на озброєння БЗОВ.

**Мета статті** – розробка методу формування вимог до балістичного коефіцієнту металевих елементів кінетичної зброї.

### 3. Метод формування вимог до балістичного коефіцієнту металевих елементів кінетичної зброї

Розв'язання завдання з обмеженням мінімальних і максимальних значень енергетичних характеристик металевих елементів, яке властиве для КЗНД, є найбільш універсальним з тих, що розглядаються, тому розпочнемо з нього.

Вихідними даними при цьому є межі застосування зброї по відстані  $X_{\min}$  та  $X_{\max}$  і припустимі значення кінетичної енергії  $E_{k \min}$  та  $E_{k \max}$ .

Значення швидкості МЕ в точці траєкторії  $L$  має вид [8]:

$$V_L = V_0 \cdot e^{-kCL}, \quad (2)$$

де  $C$  – балістичний коефіцієнт,  $\text{м}^2/\text{кг}$ ;

$V_0$  – початкова швидкість металевих елементів,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$V_L$  – швидкість металевих елементів на відстані  $L$  від зброї,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$k = 3,29 \cdot 10^{-4}$  – коефіцієнт, що враховує дані закону Сіаччі та атмосфери СА-81.

Перетворивши (2) отримаємо

$$C = \frac{1}{k \cdot L} \ln \frac{V_0}{V_L}. \quad (3)$$

Кінетична енергія МЕ дорівнює

$$E_k = \frac{m \cdot V^2}{2}, \quad (4)$$

звідки

$$V = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}. \quad (5)$$

Шлях МЕ від дульного зрізу до точки траєкторії з координатою  $L$  замінимо шляхом від початку до кінця діапазону припустимого застосування зброї:

$$\Delta X = X_{\max} - X_{\min}. \quad (6)$$

Перепишемо (3) з урахуванням (5) і (6) та отримаємо вираз для розрахунку балістичного коефіцієнту КЗНД:

$$C = \frac{1}{k \cdot \Delta X} \ln \sqrt{\frac{E_{k \max}}{E_{k \min}}}. \quad (7)$$

На рис. 1 наведено залежність  $C(\Delta X)$  для КЗНД, за умов падіння кінетичної енергії металевих елементів з 80 до 65 Дж [9].

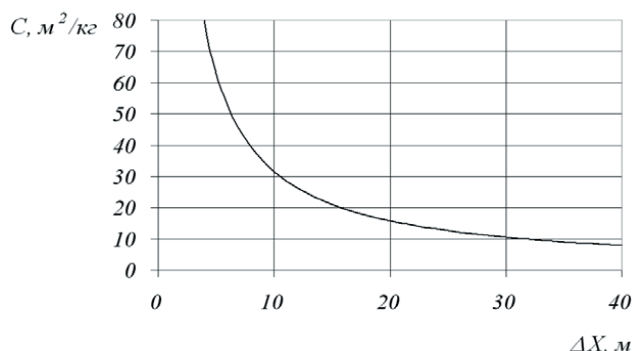


Рис. 1. Залежність балістичного коефіцієнту металевих елементів від діапазону відстаней застосування зброї для випадку падіння кінетичної енергії до 15 Дж

З рисунку видно, що для забезпечення відносно великих значень  $\Delta X$  (більше 25...30 м) необхідно мати  $C$  у межах 10...12  $\text{м}^2/\text{кг}$ , що відповідає малокаліберним та пістолетним кулям бойової стрілецької зброї [10].

Але ці зразки зброї мають неприйнятну питому енергію  $E_{\text{пит}} = 3...7$  Дж/мм<sup>2</sup>, а підвищення діаметру МЕ з метою збільшення площі контакту спричинить зростання балістичного коефіцієнту (1).

Досягнення низьких значень  $C$  для КЗНД є проблематичним також через низьку щільність гуми та пластизолу, з яких виготовляють МЕ для КЗНД. Отже, при формуванні вимог до КЗНД треба шукати компроміс між діапазоном відстаней застосування зброї  $\Delta X$  та діапазоном припустимих значень кінетичної енергії МЕ  $\Delta E_k = E_{k \max} - E_{k \min}$ .

Для розв'язання завдання забезпечення енергетичних характеристик МЕ не нижче заданих, яке є властивим для БЗ, достатньо діапазон відстаней  $\Delta X$  прирівняти до прицільної відстані  $X_{\text{пр}}$ , значення  $E_{k \max}$  – до дульної енергії  $E_d$ , а значення  $E_{k \min}$  – до енергії, що забезпечує забійну дію  $E_{k \text{ заб}}$ . При цьому вираз (7) прийме вид:

$$C = \frac{1}{k \cdot X_{\text{пр}}} \ln \sqrt{\frac{E_d}{E_{k \text{ заб}}}}. \quad (8)$$

При розв'язанні вказаного завдання проблем, за винятком дуже далекобійної зброї, не виникає. Це пояснюється тим, що падіння енергії на ділянці  $0 \dots X_{\text{пр}}$  може бути відносно великим та обмежується лише практично досяжним значенням  $E_d$ . Для зразків стрілецької зброї, що перебувають на озброєнні СОПр України відношення  $E_d / E_{k \min}$  коливається від 3 для 9-мм пістолета Макарова до 32 для 7,62-мм снайперської гвинтівки Драгунова.

У випадку для БЗОВ значення балістичного коефіцієнту повинне бути не нижче такого, яке забезпечує достатнє падіння швидкості та енергії МЕ на ділянці  $\Delta X_1 = X_{\max} - X_{\text{пр}}$ . Вихідними даними для розрахунків є прицільна відстань  $X_{\text{пр}}$ , енергія, що забезпечує забійну дію  $E_{k \text{ заб}}$ , відстань, на якій не припускається ураження цілі  $X_{\max}$  та максимально припустима енергія  $E_{k \max}$  (9):

$$C = \frac{1}{k \cdot \Delta X_1} \ln \sqrt{\frac{E_{k \text{ заб}}}{E_{k \max}}}. \quad (9)$$

Додатковими умовами розв'язання цього завдання є знаходження питомої енергії МЕ у межах  $0,5 \text{ Дж/мм}^2$  на відстанях, більших за  $X_{\max}$ , та забезпечення достат-

ньої енергії для ураження цілі на відстані  $X_{\text{пр}}$ . При невеликій різниці між  $X_{\max}$  та  $X_{\text{пр}}$  вказане завдання може не мати рішень.

Для практичного застосування залежності  $C(\Delta X)$  важливими є абсолютні значення  $E_{k \min}$  та  $E_{k \max}$ , отже її доцільно отримувати окремо для кожного конкретного випадку.

Але для попереднього аналізу можливостей розв'язання завдання більш зручно є залежність  $C(\Delta X)$  для відносної зміни кінетичної енергії  $\delta E_k$  (рис. 2). У цьому випадку вираз (7) прийме вид (10):

$$C = \frac{1}{k \cdot \Delta X} \ln \sqrt{\frac{1}{1 - \delta E_k}}, \quad (10)$$

$$\text{де } \delta E_k = \frac{E_{k \max} - E_{k \min}}{E_{k \max}}.$$

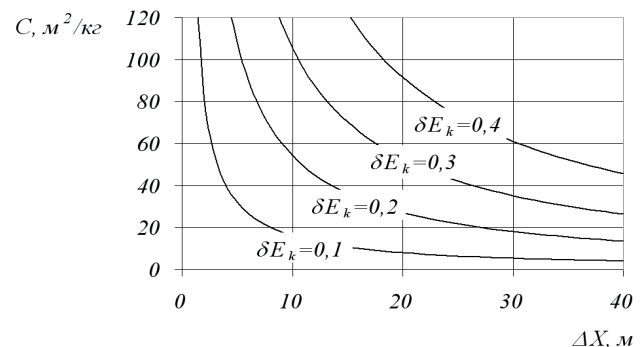


Рис. 2. Залежність балістичного коефіцієнту металюного елемента від діапазону відстаней застосування зброї

Сукупність отриманих результатів складає метод, який дозволяє формувати вимоги до балістичного коефіцієнту металюного елемента кінетичної зброї для випадків КЗНД, БЗ та БЗОВ, а також проводити попередній аналіз можливостей розв'язання вказаних завдань (табл. 1).

Таблиця 1

Метод формування вимог до балістичного коефіцієнту металюного елемента кінетичної зброї

№ п/п	Формування вимог до $C$	Вихідні дані	Розрахункові співвідношення	Додаткові умови
1	Для КЗНД	$X_{\min}, X_{\max}, E_{k \min}, E_{k \max}$	$C = \frac{1}{k \cdot \Delta X} \ln \sqrt{\frac{E_{k \max}}{E_{k \min}}}$	$\Delta X = X_{\max} - X_{\min}, E_{\text{пит}} \leq 0,5 \text{ Дж/мм}^2$
2	Для бойової зброї	$X_{\text{пр}}, E_d, E_{k \text{ заб}}$	$C = \frac{1}{k \cdot X_{\text{пр}}} \ln \sqrt{\frac{E_d}{E_{k \text{ заб}}}}$	Відсутні
3	Для бойової зброї з обмеженням по відстані забійної дії	$X_{\max}, X_{\text{пр}}, E_{k \text{ заб}}, E_{k \max}$	$C = \frac{1}{k \cdot \Delta X_1} \ln \sqrt{\frac{E_{k \text{ заб}}}{E_{k \max}}}$	$X_{\max} > X_{\text{пр}};$ $\Delta X_1 = X_{\max} - X_{\text{пр}};$ якщо $x \leq X_{\text{пр}}$ , то $E_k \geq E_{k \text{ заб}};$ якщо $x \geq X_{\max}$ , то $E_{\text{пит}} \leq 0,5 \text{ Дж/мм}^2$
4	Під час попереднього аналізу можливостей розв'язання завдання	$X_{\min}, X_{\max}, E_{k \min}, E_{k \max}$	$C = \frac{1}{k \cdot \Delta X} \ln \sqrt{\frac{1}{1 - \delta E_k}}$	$\Delta X = X_{\max} - X_{\min}$ $\delta E_k = \frac{E_{k \max} - E_{k \min}}{E_{k \max}}$

#### 4. Висновки

1. Діапазон відстаней застосування кінетичної зброї суттєво залежить від динаміки падіння швидкості МЕ, на яку оказує вплив його балістичний коефіцієнт. Отже, є необхідність у методах, які дозволяють розрахувати таке значення балістичного коефіцієнту, яке забезпечить прийнятне падіння швидкості МЕ.

2. Через неможливість забезпечення достатньо малих значень балістичного коефіцієнту МЕ КЗНД розв'язання завдання її проектування за певних умов не є можливим та потребує компромісу між шириною діапазону відстаней застосування зброї та діапазоном припустимих значень кінетичної енергії МЕ.

3. Проектування бойової зброї з обмеженням по відстані забійної дії є найбільш складним через необхідність одночасного виконання умови надійного ураження цілі на відстанях до прицільної включно. При недостатній різниці між максимально припустимою відстанню забійної дії МЕ та прицільною відстанню зброї завдання може не мати рішення.

4. У статті розроблено метод, який дозволяє формувати вимоги до балістичного коефіцієнту МЕ КЗНД, БЗ та БЗОВ, а також проводити попередній аналіз можливостей розв'язання вказаних завдань.

Напрямок подальшого дослідження є розроблення методу формування вимог до дульної швидкості метального елемента кінетичної зброї.

#### Література

1. Попов, В. Л. Судебно-медицинская баллистика [Текст] / В. Л. Попов, В. Б. Шигеев, Л. Е. Кузнецов. – СПб. : Гипократ, 2002. – 656 с.
2. Акопов, В. И. Судебно-медицинская экспертиза повреждения тупыми предметами [Текст] / В. И. Акопов. – М. : Медицина, 1978. – 112 с.
3. Біленко, О. І. Тактико-технічні характеристики стрілецької зброї для сил охорони правопорядку, які підлягають регламентації [Текст] / О. І. Біленко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Х., 2013. – № 2/10 (62). – С. 28 – 32.
4. Дмитриевский, А. А. Внешняя баллистика [Текст] / А. А. Дмитриевский. – М. : Машиностроение, 1972. – 584 с.
5. William, T. McDonald, Ted C. Almgren. The Ballistics Cjtficient [Електронний ресурс]. – Режим доступа: [http://www.exteriorballistics.com/ebexplained/articles/the\\_ballistic\\_coefficient.pdf](http://www.exteriorballistics.com/ebexplained/articles/the_ballistic_coefficient.pdf).
6. Field Artillery. Volume 6, Ballistics And Ammunition [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nvbmb.nl/downloads/b-gl-306-006fr-001.pdf>.
7. Зброя не смертельної дії для військових формувань та правоохоронних органів / О. І. Біленко, В. В. Пашенко // Збірник наукових праць НАПСУ. – Хмельницький: НАПСУ, 2010. – №54. – С. 47 – 50.
8. Вентцель, Д. А. Внешняя баллистика. Ч.2 Внешняя баллистика [Текст] / Д. А. Вентцель, Я. М. Шапиро. – М. : Оборонгиз, 1939. – 264 с.
9. Біленко, О. І. Розробка тактико-технічних вимог до кінетичної зброї не смертельної дії [Текст] / О. І. Біленко, В. В. Пашенко // Збірник наукових праць ХУПС. – Х.: ХУПС, 2012. – вип. 1 (30). – С. 2 – 5.
10. Шапиро, Я. М. Внешняя баллистика [Текст] / Я. М. Шапиро. – М.: Оборонгиз, 1946. – 408 с.